

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 39 16 176 C 2

61 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
B 60 C 23/06  
G 01 L 17/00

21 Aktenzeichen: P 39 16 176.5-32  
22 Anmeldetag: 18. 5. 89  
43 Offenlegungstag: 22. 11. 90  
46 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 28. 11. 96

DE 39 16 176 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München, DE

72 Erfinder:  
Goubeau, Andreas, Dr., 85232 Bergkirchen, DE

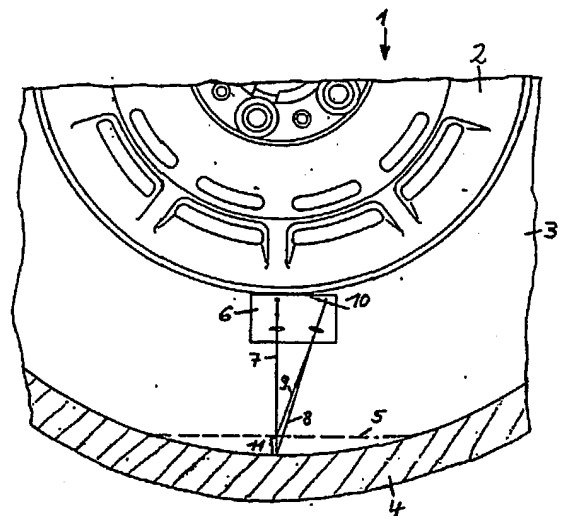
66 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 36 30 116 A1  
DE 33 08 080 A1  
DE 29 25 130 A1  
US 47 24 704  
US 41 80 794  
EP 01 97 813 B1

Selcom Messsysteme GmbH:  
»OPTOCATOR-Meßsystem zur berührungslosen  
Abstands- und Dicken- messung.« Firmenprospekt,  
Juli 1979;

64 Verfahren zum Überwachen des Luftdrucks luftbereifter Fahrzeugräder

67 Verfahren zum Überwachen des Luftdruckes luftbereifter Fahrzeugräder, bei dem  
— zur Ermittlung einer durch die Radlast hervorgerufenen Reifeneindrückung zunächst,  
— der Abstand der Felge des Fahrzeugrades von einem Laufstreifen eines auf der Felge montierten Reifens und  
— der Abstand der Felge von einem Umfangsbereich außerhalb des durch die Reifeneindrückung verformten Laufstreifens,  
— jeweils mittels eines Dreiecksmeßverfahrens berührungslos gemessen werden,  
— wobei eine elektromagnetische Strahlung mit einer annähernd in dem Bereich des sichtbaren Lichts liegenden Wellenlänge von der Felge aus annähernd radial nach außen abgestrahlt wird,  
— wobei eine von dem Laufstreifen des Reifens und von dem Umfangsbereich außerhalb des Laufstreifens reflektierte Strahlung jeweils an der Felge empfangen wird und  
— wobei schließlich durch Differenzbildung der jeweils empfangenen Strahlung die Größe der radialen Reifeneindrückung ermittelt und damit der Luftdruck überwacht wird.



DE 39 16 176 C 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen des Luftdrucks luftbereifter Fahrzeugräder.

Bei einem aus der EP 0 197 813 B1 bekannten Verfahren dieser Art wird die radiale Reifeneindrückung mit Hilfe von Schallwellen gemessen, die bevorzugt im ultraschallnahen Bereich liegen, und der Prozentsatz der Reifeneindrückung berechnet und mit einem Grenzwert verglichen, von dem ab die Gefahr besteht, daß der Reifen platzt. Eine akustische oder optische Warneinrichtung kann vorgesehen sein, die den Fahrer des Fahrzeugs über den Füllungsstand jedes Reifens unterrichtet.

Eine andere Grenzwert-Überwachung, die mit Ultraschall arbeitet, jedoch nicht die Reifeneindrückung im Inneren des Reifens erfaßt, sondern an der Reifenaußenseite wirkt, ist aus der DE 29 25 130 A1 bekannt.

Aus der US 4,180,794 ist ein Verfahren zum Überwachen des Luftdrucks luftbereifter Fahrzeugräder bekannt, bei dem ein außerhalb des Rads angeordnetes Meßgerät über einen Lichtleiter ein Lichtsignal in das Innere des Reifens einkoppelt und nach Reflexion an der Laufbahn des Reifens mit einem ebenfalls innerhalb des Reifens angeordneten Empfänger aufnimmt und über einen Lichtleiter zum Meßgerät zurückführt. Die Intensität des mit dem Empfänger aufgenommenen reflektierten Lichtsignals ist abhängig vom Abstand der Laufbahn vom Sender und Empfänger und damit ein Maß für den Reifenluftdruck. Bei den Verfahren ist eine aufwendige Lichtein- und Auskopplung in den Reifen hinein und aus diesem heraus erforderlich. Bedingt durch die langen Lichtleitungswege ist das Verfahren erheblichen Störungen unterworfen und aufgrund seiner Arbeitsweise ungenau.

Aus der US 4,724,704 ist es bekannt, die Außenkontur eines Reifens optisch mittels eines Lasers zu vermessen. Bei einem Druckverlust ändert sich diese signifikant und ermöglicht eine Anzeige. Da die Außenkontur stark von der Rotationsgeschwindigkeit des Rades abhängt, ist auch dieses Verfahren sehr ungenau.

Die DE 33 08 080 A1 zeigt eine Vorrichtung zur gegenseitigen Anpassung von Reifendruck und Fahrzeuggeschwindigkeit. Dabei wird mit Hilfe von Drucksensoren innerhalb der Reifen der Reifendruck bestimmt und mit Hilfe eines Steuergeräts der Reifendruck entsprechend der Fahrgeschwindigkeit nachgeregelt.

Im Rahmen eines Antiblockierregelsystems ist es bekannt (DE 36 30 116 A1), den Luftdruck in den Rädern zu überwachen, indem die Radgeschwindigkeitssignale miteinander verglichen werden. Weicht eines davon eine längere Zeit von den anderen nach oben ab, so wird dies als Druckverlust in dem Rad gewertet und angezeigt.

Schließlich ist aus einem Prospekt OPTOCATOR der Firma Selcom Meßsysteme GmbH in Göttingen ein Meßsystem zur berührungslosen Abstands- und Dickenmessung mit Hilfe eines Triangulationsverfahrens bekannt. Als Anwendungsgebiet wird zwar allgemein auch die Automobilindustrie genannt, doch ergibt sich daraus kein Hinweis auf die Anwendung im Rahmen eines Verfahrens, bei dem innerhalb eines Reifens auf optischem Wege der Reifenluftdruck und insbesondere dessen Verringerung bestimmt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzuentwickeln, daß auf sichere und zuverlässige Weise eine genaue Bestimmung des Reifenluftdrucks und insbesonde-

re eines Druckverlustes in einem Rad möglich ist.

Die Lösung der das Verfahren betreffenden Aufgabe ist im Patentanspruch 1 angegeben. Durch die aufgeführten Merkmale wird in einfacher Weise erreicht, daß bei verhältnismäßig geringem Energieaufwand mit nur einer Meßgröße der Betriebszustand des Reifens mit großer Genauigkeit, zuverlässig und schnell über den gesamten Einsatzbereich hinweg erfaßt wird. Ein dem jeweiligen Ausmaß der Reifeneindrückung entsprechender Wert kann dem Fahrer des Fahrzeugs angezeigt werden. Es ist jedoch auch möglich, die Anzeige auf ein Überschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes zu beschränken.

Nach der Erfindung kann das Ausmaß der radialen Reifeneindrückung, das sowohl von dem Reifenluftdruck als auch von der Radlast abhängt, als Ausgangsgröße für eine Reifenluftdruckregelung dienen. Bei einer derartigen Regelung ist es besonders vorteilhaft, wenn die Fahrgeschwindigkeit als weitere Ausgangsgröße für die Höhe des Reifenluftdrucks mit berücksichtigt wird.

Für die Messung der Fahrgeschwindigkeit kann die Anzahl der Reifeneindrückungen eines bestimmten Ortes des Laufstreifens des Reifens je Zeiteinheit oder die Zeitdauer zwischen aufeinanderfolgenden Reifeneindrückungen eines bestimmten Ortes des Laufstreifens des Reifens benutzt werden. Dies ermöglicht, mit ein und demselben Meßvorgang innerhalb des Reifens die für die Reifenluftdruckregelung wesentlichen Ausgangsgrößen Reifeneindrückung und Fahrgeschwindigkeit zu ermitteln.

Damit kann der Reifenluftdruck in Abhängigkeit von der Belastung und der Fahrgeschwindigkeit und damit in Abhängigkeit von der Walkarbeit des Reifens laufend derart eingestellt werden, daß sich ein optimaler Betriebszustand des Reifens ergibt.

Insbesondere für Fahrzeugräder, beispielsweise solche für Personenkraftwagen, die für höhere Fahrgeschwindigkeiten bestimmt sind, ist die erfindungsgemäße berührungslose Abstandsmessung vorteilhaft. Diese kann in unterschiedlicher Weise realisiert werden. Beispielsweise können geringe Energie erfordernde Laserstrahlung und diverse optische Meßverfahren eingesetzt werden. Besonders vorteilhaft ist der Einsatz eines optischen Triangulationsverfahrens, das mit einfachen Mitteln genaue Meßwerte liefert.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung schematisch dargestellt, und zwar zeigt die einzige Figur den unteren Teil eines Fahrzeugrades in Seitenansicht, zum Teil im Schnitt.

Ein Fahrzeugrad 1 weist eine Felge 2 und einen auf dieser montierten Reifen 3 auf. Der Laufstreifen 4 des Reifens 3, der an seiner Außenseite die auf der Fahrbahn aufruhende Lauffläche aufweist, verformt sich unter der Wirkung der Radlast an der Aufstandsstelle, wie es durch die gestrichelte Linie 5 angedeutet ist. Diese Reifeneindrückung kann je nach der Höhe des Reifenluftdrucks und der Größe der Radlast unterschiedlich stark ausgeprägt sein.

An der Felge 2 ist ein Abstandsmeßgerät 6 befestigt, das einen Sender für Laserstrahlen aufweist. Der verhältnismäßig wenig Energie benötigende Sender ist zumindest annähernd in radialer Richtung ausgerichtet und kann einen Laserstrahl 7 radial nach außen auf die Innenseite des Laufstreifens 4 des Reifens 3 aussenden. Die Reifeninnenseite ist ein diffuser Reflektor. Von der von ihr reflektierten Laserstrahlung kann ein Teil von einem Empfänger aufgenommen werden, der ebenfalls

in dem Abstandsmeßgerät 6 angeordnet ist. Zwischen dem Sender und dem Empfänger ist ein Abstand in Umfangsrichtung vorhanden. Diese Meßanordnung ermöglicht eine Triangulationsmessung hoher Genauigkeit. Reflektierte Strahlung 8, die von dem Umfangsbereich des Laufstreifens 4 aus, der sich außerhalb des Bereichs der Reifeneindrückung in der Normallage befindet, zu dem Empfänger gelangt, weist einen anderen Strahlengang als die reflektierte Strahlung 9 auf, die von dem Umfangsbereich des Laufstreifens 4 in dem Bereich der Reifeneindrückung zu dem Empfänger gelangt. Der jeweilige Reflexionswinkel ist zu dem Abstand zwischen dem Abstandsmeßgerät 6 und dem Meßobjekt Laufstreifen 4 proportional. Die Abweichung 10 der Richtungen der reflektierten Strahlungen 8, 9 voneinander kann in dem Abstandsmeßgerät 6 festgestellt und als Meßwert für das Ausmaß der radialen Reifeneindrückung 11 verwertet werden.

Die genau radiale Ausrichtung des von dem Sender ausgehenden Laserstrahls 7 führt in einfacher Weise zu besonders genauen Meßergebnissen. Die Halbierende des Winkels, der von dem Senderstrahl und von dem von dem Empfänger empfangenen Strahl reflektierter Energie des Senders eingeschlossen ist, führt bei dieser Anordnung stets mit erheblichem Abstand an der Achse des Fahrzeugrades vorbei.

Der Meßbereich des Abstandsmeßgerätes 6 reicht zumindest annähernd über den gesamten radialen Bereich zwischen dem größtmöglichen und dem kleinstmöglichen Abstand des Laufstreifens 4 von der Felge 2. Mit dem Abstandsmeßgerät 6 kann sowohl der Abstand des Laufstreifens 4 von der Felge 2 in dem Umfangsbereich der Reifeneindrückung 11 als auch außerhalb dieses Bereiches erfaßt werden. Durch Differenzbildung kann die radiale Reifeneindrückung 11 ermittelt werden, ohne daß es einer Absoluteichung des Abstandsmeßgerätes 6 auf die konkreten Einsatzbedingungen bedarf. Aus der Messung kann demnach sehr einfach abgeleitet werden, ob der Reifenluftdruck unverändert beibehalten werden kann oder erhöht oder erniedrigt werden muß. Eine entsprechende Anzeige an der Armaturentafel des Fahrzeugs ist ohne weiteres möglich. Eine Änderung des Reifenluftdrucks kann bei stehendem Fahrzeug oder während der Fahrt erfolgen. Sie kann sowohl willkürlich von Hand oder selbsttätig bewirkt werden. Besonders vorteilhaft ist es, eine fahrzeugeigene Reifenluftdruckregelung vorzusehen, die die Höhe des Reifenluftdruckes aufgrund der Meßwerte des Abstandsmeßgerätes 6 selbsttätig auf vorgegebene Werte einstellt. Eine derartige Regeleinrichtung kann eine elektronische Rechen- und Steuereinheit aufweisen.

Durch Berücksichtigung der Zeitdauer zwischen den einzelnen durch eine Reifeneindrückung an einer bestimmten Umfangsstelle des Laufstreifens 4 ausgelösten Meßimpulsen bzw. aus der Anzahl der Meßimpulse pro Zeiteinheit kann die Fahrgeschwindigkeit ermittelt werden. Damit kann als Maß für die Walkarbeit des Reifens 3 mit ein und demselben Sensor, nämlich dem Abstandsmeßgerät 6, die Reifeneindrückung und die Fahrgeschwindigkeit erfaßt werden. Die Fahrgeschwindigkeit kann als weitere Ausgangsgröße für die Entscheidung, ob der Reifenluftdruck erhöht oder herabgesetzt oder beibehalten werden soll, benutzt werden. Dies ist insbesondere bei Fahrzeugen, beispielsweise Personenkraftwagen, vorteilhaft, mit denen höhere Fahrgeschwindigkeiten erzielt werden können. Bei derartigen Fahrzeugen ist es besonders günstig, eine beispielsweise elektronisch gesteuerte Reifenluftdruckregelung vorzusehen,

damit der Reifenluftdruck selbsttätig schnell den sich unter Umständen schnell ändernden jeweiligen Betriebsbedingungen entsprechend eingestellt werden kann.

Das Abstandsmeßgerät 6 braucht nur geringe Abmessungen aufzuweisen und kann in die Felge 2 einge-  
lassen angeordnet sein, so daß es nicht über die Felgen-  
hörner hinausragt und demgemäß selbst bei völlig plat-  
tem Reifen 3 nicht mit dem Laufstreifen 6 in Berührung  
kommen kann. Es kann einfach und robust ausgebildet  
sein und braucht nur eine geringe Masse aufzuweisen,  
so daß es insbesondere für höhere Fahrgeschwindigkeiten  
geeignet ist.

Um Änderungen des Sturzes des Fahrzeugrades zu berücksichtigen, ist der Meßort an der Reifeninnenseite  
aus der Reifenmitte heraus in axialer Richtung zur Rad-  
innenseite hin verlegt angeordnet, kann aber in Abwei-  
chung hiervon in der Mitte des Laufstreifens 4 oder axial  
weiter außen angeordnet sein.

Statt des Triangulationsverfahrens kann ein anderes  
Abstandsmeßverfahren eingesetzt werden. Ferner kann  
statt der Laserstrahlung eine andere optische oder son-  
stige elektromagnetische Strahlung mit einer zumindest  
annähernd in dem Bereich des sichtbaren Lichts liegen-  
den Wellenlänge verwendet werden. Der Sender des  
Abstandsmeßgerätes 6 kann elektromagnetische Strah-  
lung kontinuierlich oder intermittierend ausstrahlen.

Mit der Erfindung wird es möglich, luftbereifte Fahr-  
zeugräder mit geringem Aufwand sicher zu überwa-  
chen. Dabei können kurze Meßzeiten realisiert werden,  
was insbesondere für höhere Fahrgeschwindigkeiten  
vorteilhaft ist. Die Meßdaten, die Informationen über  
den den Reifen tatsächlich belastenden Parameter, näm-  
lich die Walkarbeit, liefern, können als Ausgangsgrößen  
für eine Reifenluftdruckregelung benutzt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Überwachen des Luftdruckes  
luftbereifter Fahrzeugräder, bei dem

- zur Ermittlung einer durch die Radlast her-  
vorgerufenen Reifeneindrückung zunächst,
- der Abstand der Felge des Fahrzeugrades  
von einem Laufstreifen eines auf der Felge  
montierten Reifens und
- der Abstand der Felge von einem Um-  
fangsbereich außerhalb des durch die Reifen-  
eindrückung verformten Laufstreifens,
- jeweils mittels eines Dreiecksmeßverfah-  
rens berührungslos gemessen werden,
- wobei eine elektromagnetische Strahlung  
mit einer annähernd in dem Bereich des sicht-  
baren Lichts liegenden Wellenlänge von der  
Felge aus annähernd radial nach außen abge-  
strahlt wird,
- wobei eine von dem Laufstreifen des Rei-  
fens und von dem Umfangsbereich außerhalb  
des Laufstreifens reflektierte Strahlung jeweils  
an der Felge empfangen wird und
- wobei schließlich durch Differenzbildung  
der jeweils empfangenen Strahlung die Größe  
der radialen Reifeneindrückung ermittelt und  
damit der Luftdruck überwacht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß als elektromagnetische Strahlung La-  
serstrahlung verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß als Dreiecksmeßverfahren das

Triangulationsverfahren benutzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß von der reflektierten elektromagnetischen Strahlung ein derartiger Anteil für den Empfang an der Felge verwendet wird, daß die Halbierende des von der abgestrahlten und von der reflektierten Strahlung eingeschlossenen Winkels mit Abstand an der Felgenachse vorbeiführt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromagnetische Strahlung in radialer Richtung abgestrahlt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromagnetische Strahlung zu der Felgenebene geneigt abgestrahlt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromagnetische Strahlung zu der Innenseite eines seitlichen Fahrzeugrades hin geneigt abgestrahlt wird.

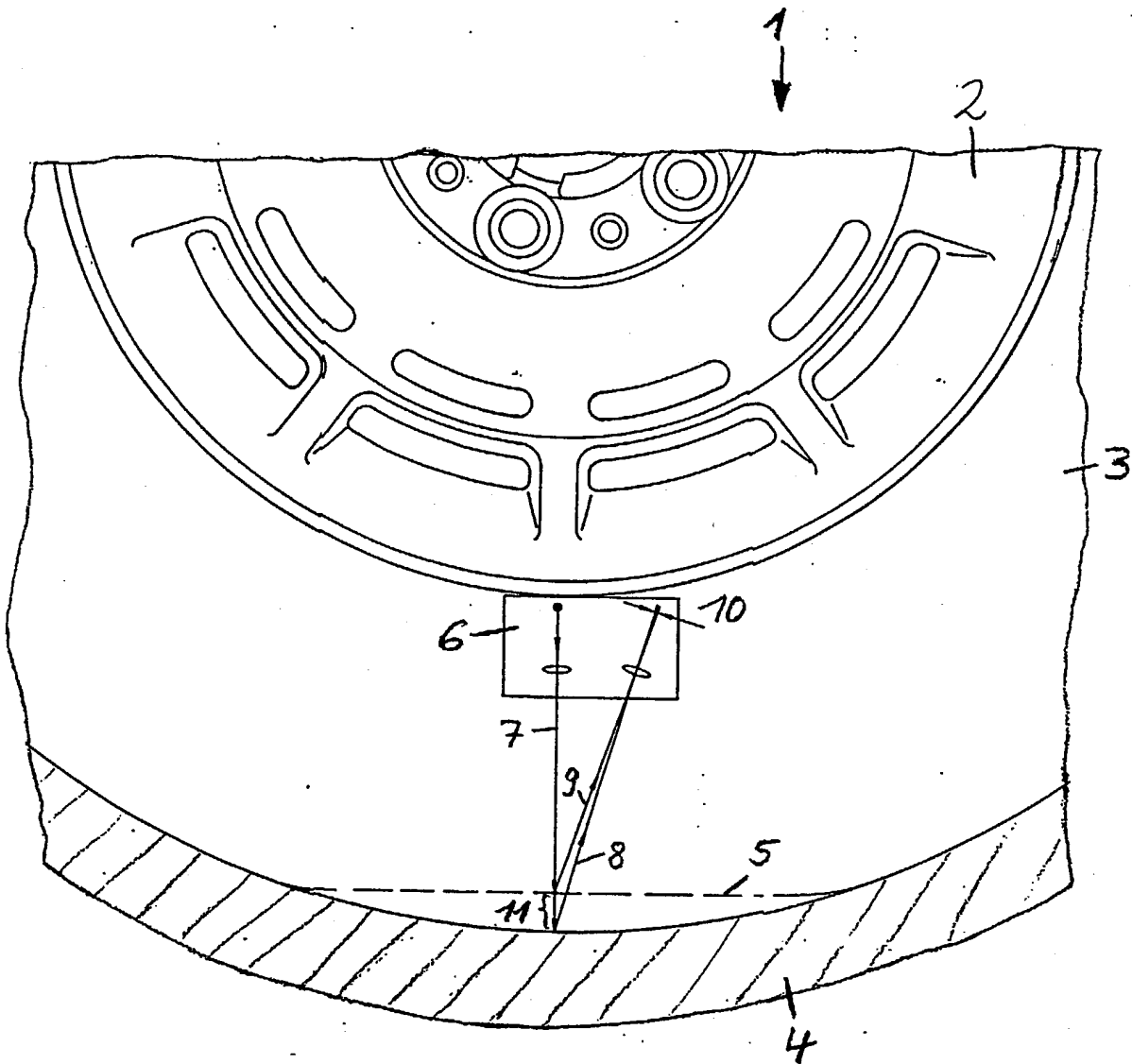
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zur selbsttätigen Reifenluftdruckregelung die Fahrgeschwindigkeit gemessen und der Istwert der radialen Reifeneindrückung mit einem in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit veränderlichen Sollwert verglichen und bei unzulässiger Abweichung des Istwertes von dem Sollwert der Reifenluftdruck im Sinne einer Angleichung des Istwertes an den Sollwert verändert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung der Fahrgeschwindigkeit die Anzahl der Reifeneindrückungen eines bestimmten Ortes des Laufstreifens des Reifens je Zeiteinheit erfaßt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung der Fahrgeschwindigkeit die Zeitdauer zwischen aufeinanderfolgenden Reifeneindrückungen eines bestimmten Ortes des Laufstreifens des Reifens gemessen wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



## Description

The invention relates to a method of monitoring the air pressure of pneumatically tyred vehicle wheels as outlined in the generic part of claim 1 and a device for implementing the method.

In a method of this type disclosed in document EP-PS 1 97 813, radial tyre compression is measured by sound waves which are preferably close to the ultra-sound range and the percentage of tyre compression is computed and compared with a threshold value with effect from which there is a risk that the tyre will burst. An acoustic or optical warning device may be provided to alert the vehicle driver to the air level of each tyre.

Another system which operates by monitoring a threshold value using ultrasound but detects tyre compression on the external face of the tyre rather than in the interior of the tyre is known from DE-OS 29 25 130.

The underlying objective of the invention is to provide a method of the type outlined above capable of issuing a warning if the air pressure in the tyres is too low or too high or the axle load is too great, in other words if a threshold value is exceeded, but which is not restricted to this warning function and rather is primarily capable of generating information about tyre compression in any operating state. Another objective of the invention is to provide a device which can implement this method.

The method which achieves the stated objective is based on the characterising part of claim 1. It provides a simple means of detecting the operating state of the tyre to a high degree of accuracy, reliably and rapidly across its entire application range, whilst requiring relatively low energy consumption and using only one measurement value. A value representative of the respective extent of the tyre compression can be presented to the vehicle driver as a display. However, the system could be limited to displaying only those instances in which a predetermined threshold has been exceeded.

For the purposes of the invention, the extent of radial tyre compression, which is dependent on both the air pressure of the tyres and the wheel load, can be used as an initial value for controlling tyre air pressure. In a control system of this type, it is of particular advantage if the travelling speed is taken into account as another initial value for the level of the tyre air pressure.

Speed can be measured by using the number of tyre compressions at a specific point of the tyre tread per unit of time or the period between consecutive tyre compressions at a specific point of the tyre tread. This will allow the initial values essential to the tyre pressure control system, being tyre compression and travelling speed, to be detected using one and the same measuring process within the tyre.

Accordingly, the tyre air pressure can be continuously adjusted depending on the load

and travelling speed and hence depending on flexing in the tyre so that an optimum operating state for the tyre is produced.

The contactless distance-measuring system proposed by the invention is particularly advantageous when used for vehicle wheels such as those fitted on passenger vehicles rated for higher driving speeds. There are various ways in which the system can be configured. Low-energy laser radiation and various optical measuring methods may be used, for example. It is especially advantageous to use an optical triangulation method which will deliver accurate measurement values using simple means.

The objective with regard to the device is achieved by the characterising part of claim 11. Accordingly, the radial distance of the tyre tread from the rim can be detected cross the entire range of the possible deformation of the tyre tread in a radial direction using simple means. The distance-measuring method proposed by the invention can be kept compact and requires only a small mounting space.

Because the device is designed so that the distance-measuring device is able to detect the distance of the tyre tread from the rim both in the region of the tyre compression and outside this region, it is possible to set a reference value and work out a variance. This obviates the need to set up the device to an absolute calibration.

An embodiment of the device proposed by the invention is schematically illustrated in the appended drawing, which illustrates a section of the bottom part of a vehicle wheel from a side view.

A vehicle wheel 1 has a rim 2 and a tyre 3 mounted on it. On its external face comprising the running surface which sits on the road, the tread 4 of the tyre 3 deforms at its contact point due to the wheel load, as illustrated by the broken line 5. The extent to which the tyre is compressed in this way will vary depending on the level of the air pressure and the degree of wheel load.

A distance-measuring device 6 is mounted on the rim 2, which has a laser beam emitter. The relatively low-energy emitter is directed in a substantially radial direction and is able to emit a laser beam 7 outwards on to the inner face of the tread 4 of the tyre 3. The inner face of the tyre is a diffuse reflector. A part of the laser beam reflected back from it can be picked up by a receiver, which is also disposed in the distance-measuring device 6. There is a distance between the emitter and the receiver in a circumferential direction. This measuring layout enables a highly accurate triangulation measurement to be taken. Radiation 8 reflected back to the receiver from the circumferential region of the tyre tread 4 located outside the region of the tyre compression in the normal position follows a different pattern of reflection than the radiation 9 reflected back to the receiver from the circumferential region of the tread 4 within the region of the tyre compression. The respective angle of reflection is proportional to the distance between the distance-measuring device 6 and the tread 4 or object being measured. The variance 10 of the

directions of reflected radiation 8, 9 from one another can be detected in the distance-measuring device 6 and evaluated as a measurement value for the degree of radial tyre compression 11.

The exact radial orientation of the beam emitted by the transmitter produces particularly accurate measurement results. With this configuration, the bisection of the angle subtended by the emitter beam and the beam of energy from the transmitter reflected back to the receiver is always shifted away from the axis of the vehicle wheel by a considerable distance.

The measuring range of the distance-measuring device 6 extends at least substantially across the entire radial region between the largest possible and the smallest possible distance of the tread 4 from the rim 2. The distance-measuring device 6 is able to measure the distance of the tread 4 from the rim 2 both in the circumferential region of the tyre compression 11 and outside this region. By computing the difference, the radial tyre compression 11 can be derived without having to calibrate the distance-measuring device 6 to an absolute to suit specific operating conditions. Accordingly, it is a very simple matter to determine from the measurement whether the tyre air pressure can be left as it is or whether it needs to be increased or reduced. The status can be easily indicated on the dashboard of the vehicle. A change in the tyre air pressure can be made whilst the vehicle is at a standstill or during travel. It may be either imposed manually or applied automatically. It is of particular advantage to set up a system to control the tyre air pressure that is specific to the vehicle, in which case the level of the tyre air pressure will be automatically adjusted to predetermined values on the basis of the measurement values generated by the distance-measuring device 6. A control system of this type may have an electronic computer and control unit.

The travel speed can be detected by taking account of the period between the individual measurement impulses triggered by a tyre compression at a specific point on the circumference of the tread 4 or the number of measurement impulses per unit of time. Accordingly one and the same sensor can be used as a measure of flexing in the tyre, namely the distance-measuring device 6 which detects the tyre compression and the travel speed. The travel speed can be used as an additional initial value in determining whether the tyre air pressure needs to be increased, reduced or retained. This is of particular advantage in vehicles such as passenger cars capable of higher driving speeds. It is of particular advantage to provide an electronically controlled tyre air pressure control system with vehicles of this type so that the tyre air pressure can be automatically and rapidly adjusted to suit the prevailing operating conditions which, under certain circumstances, can change very rapidly.

The distance-measuring device need only be small in terms of size and can be integrated in the rim so that it does not project beyond the rim guards, which means that it can not come into contact with the tread even if the tyre is completely flat. It may be of a simple and robust design and need only occupy a small mounting space, which makes it particularly well suited to higher driving speeds.

In order to take account of changes in the camber of the vehicle wheel, the point of measurement on the tyre inner face is shifted relative to the centre of the tyre out in an axial direction towards the inner face of the wheel but, as an alternative to this, may be located at the centre of the tread or farther to the exterior in an axial direction.

5 A distance-measuring method other than the triangulation method may be used. Furthermore, instead of laser radiation, it would also be possible to use another optical or another type of electromagnetic radiation having a wavelength more or less within the range of visible light. The transmitter of the distance-measuring device may radiate electromagnetic radiation continuously or intermittently.

10 By applying the invention, pneumatically tyred vehicle wheels can reliably monitored in a very simple manner. The measuring times are short, which is of particular advantage in the case of high driving speeds. The measurement data which provide information relating to parameters actually affecting the tyre, namely flexing, can be used as initial values for a system to control tyre air pressure.

15 List of reference numbers

- |    |    |  |
|----|----|--|
|    | 1  | Vehicle wheel                          |
|    | 2  | Rim                                    |
|    | 3  | Tyre                                   |
| 20 | 4  | Tread                                  |
|    | 5  | Line                                   |
|    | 6  | Distance-measuring device              |
|    | 7  | Laser beam                             |
|    | 8  | Reflected radiation (normal position)  |
| 25 | 9  | Reflected radiation (tyre compression) |
|    | 10 | Variance                               |
|    | 11 | Radial tyre compression                |

### Claims

30

1. A method of monitoring the tyre pressure of pneumatically tyred vehicle wheels whereby the distance of the rim of the vehicle wheel from the tread of the tyre mounted on the rim is measured in the air chamber of the tyre in the circumferential region of the tyre compression induced by the wheel load and in at least one circumferential region outside the tyre  
 35 compression, contactlessly in each case, by emitting energy from the rim outwards in a substantially radial direction and receiving at the rim the radiated energy reflected back from the tread of the tyre, detecting values corresponding to the energy received from the circumferential

region of the tyre compression and from outside the tyre compression, and computing a difference which represents a value for the radial tyre compression, **characterised in that** the energy used is electromagnetic radiation having a wavelength substantially within the range of visible light and a triangulation measuring method is applied.

- 5 2. A method as claimed in claim 1, characterised in that laser radiation is used as the electromagnetic radiation.
3. A method as claimed in claim 1 or 2, characterised in that the trigonometric measuring method used is the triangulation method.
4. A method as claimed in claim 1, 2 or 3, characterised in that, the proportion of reflected  
10 electromagnetic radiation used for reception purposes on the rim is such that the bisection of the angle subtended by the radiation radiated and the radiation reflected back is axially offset at a distance from the rim axis.
5. A method as claimed in claim 4, characterised in that the electromagnetic radiation is radiated in a radial direction.
- 15 6. A method as claimed in one of claims 1 to 5, characterised in that the electromagnetic radiation is radiated at an angle to the rim plane.
7. A method as claimed in claim 6, characterised in that the electromagnetic radiation is radiated at an angle to the inner face of a side vehicle wheel.
8. A method as claimed in one of claims 1 to 7, characterised in that in order to control tyre  
20 air pressure automatically, the travel speed is measured and the actual value of the radial tyre compression is compared with a desired value which varies depending on the travel speed and if the variance between the actual value and the desired value is inadmissible, the tyre air pressure is adjusted in the sense of an adaptation of the actual value to the desired value.
9. A method as claimed in claim 8, characterised in that in order to measure the travel  
25 speed, the number of tyre compressions at a specific point of the tyre tread is detected per unit of time.
10. A method as claimed in claim 8, characterised in that in order to measure the travel speed, the period between consecutive tyre compressions at a specific point of the tyre tread is measured.
- 30 11. A device for implementing the method as claimed in one of claims 1 to 10, characterised in that at least one distance-measuring device (6) operating on the reflection principle is provided on the rim (2), which has a transmitter and a receiver, the transmitter being directed so as to face the tread (4) of the tyre (3) in the air chamber enclosed by the tyre (3) and being an optical emitter, and the receiver being arranged transversely to the direction of radiation of the  
35 transmitter at a distance therefrom and being an optical receiver for electromagnetic radiation emitted from the sender and reflected back from the tread (4) of the tyre (3).
12. A device as claimed in claim 11, characterised in that the transmitter and the receiver are

designed to emit laser radiation.

13. A device as claimed in claim 11 or 12, characterised in that the transmitter and the receiver are so directed that, relative to the rim radius, the impact point is intersected by the radiation emitted by the transmitter onto the tread (4) of the tyre (3) in such a way that an

5 asymmetrical pattern is imparted to the radiation.

14. A device as claimed in claim 13, characterised in that the transmitter is radially oriented.

15. A device as claimed in one of claims 11 to 14, characterised in that the transmitter is inclined at an angle to the rim.

16. A device as claimed in claim 15, characterised in that the transmitter is inclined at an  
10 angle to the inner face of a side vehicle wheel.

1 page of drawings appended hereto